



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Patentschrift  
10 DE 42 30 799 C 1

51 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**F 16 F 15/04**  
G 12 B 17/08  
H 02 N 2/00  
F 16 F 13/00

21 Aktenzeichen: P 42 30 799.6-13  
22 Anmeldetag: 15. 9. 92  
43 Offenlegungstag: —  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 31. 3. 94

DE 42 30 799 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

Fa. Carl Freudenberg, 69469 Weinheim, DE

72 Erfinder:

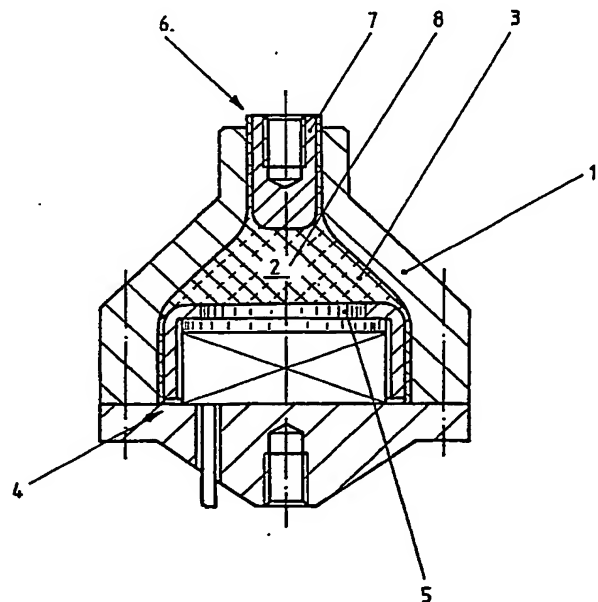
Kurr, Klaus, Dr., 69469 Weinheim, DE; Eckel,  
Hans-Gerd, Dr., 69514 Laudenbach, DE; Burger,  
Stefan, 69469 Weinheim, DE; Röhner, Gerhard,  
69502 Hemsbach, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE	39 18 753 C1
DE	40 37 446 A1
DE	39 16 539 A1
DE	24 61 041 A1
US	43 48 348
US	30 75 348
EP	01 06 483 A2

54 Aktiver Schwingungstilger

57 Aktiver Schwingungstilger, umfassend einen von einem unnachgiebigen Gehäuse (1) umschlossenen Raum (2), der eine im wesentlichen inkompressible Verformungseinheit (3) umschließt, wobei der Raum (2) an einer ersten Stelle (4) durch zumindest ein elektrisch betätigbares Stellglied (5) und an einer zweiten Stelle (6) durch zumindest ein Arbeitsglied (7) begrenzt ist, wobei das Stell- (5) und das Arbeitsglied (7) in Richtung des Raumes (2) hin- und herbewegbar sind und wobei die Verformungseinheit (3) aus einem elastomeren Werkstoff (8) besteht. Der Raum (2) ist durch die Verformungseinheit (3) vollständig ausgefüllt, wobei das Stell- (5) und das Arbeitsglied (7), die jeweils relativ zum Gehäuse (1) bewegbar sind, gegenüber dem Gehäuse (1) abgedichtet sind. Der elastomere Werkstoff (8) ist jeweils mit dem Gehäuse (1), dem Arbeitsglied (7) und dem Stellglied (5) einstückig verbunden, wobei der elastomere Werkstoff (8) sowohl das Arbeitsglied (7) als auch das Stellglied (5) umschließt.



DE 42 30 799 C 1

Die Erfindung betrifft einen aktiven Schwingungstilger, umfassend einen von einem unnachgiebigen Gehäuse umschlossenen Raum, der eine im wesentlichen inkompressible Verformungseinheit umschließt, wobei der Raum an einer ersten Stelle durch zumindest ein elektrisch betätigbares Stellglied und an einer zweiten Stelle durch zumindest ein Arbeitsglied begrenzt ist, wobei das Stell- und das Arbeitsglied in Richtung des Raumes hin- und herbewegbar sind und wobei die Verformungseinheit aus einem elastomeren Werkstoff besteht.

Ein solcher Schwingungstilger ist aus der DE 39 16 539 A1 bekannt. Als Druckübertragungsmedium ist ein Elastomer vorgesehen um Schwierigkeiten bei der Abdichtung von Gasen oder Flüssigkeiten zu vermeiden. Dabei ist allerdings zu beachten, daß die Haltbarkeit des vorbekannten Schwingungstilgers wenig befriedigend ist. Die aus einem elastomeren Werkstoff bestehende Verformungseinheit ist Relativbewegungen ihrer Oberfläche bezogen auf das Gehäuse, die Arbeitsglieder und das Stellglied ausgesetzt. Durch die reibungsbehaftete Relativbeweglichkeit unterliegt die Verformungseinheit, insbesondere während der Isolierung höher frequenter Schwingungen, einem hohen abrasiven Verschleiß, der die Gebrauchsdauer des Schwingungstilgers beträchtlich reduziert. Der Verschleiß bewirkt außerdem nachteilige Gebrauchseigenschaften.

Ein weiterer Schwingungstilger ist aus der DE 39 18 753 C1 bekannt und als Gummilager mit hydraulischer Dämpfung ausgebildet. Die Verformungseinheit wird dabei durch eine Flüssigkeit gebildet, die in einem überwiegend nach außen abgeschlossenen Raum enthalten ist. Das Schwingungstilger dient primär der elastischen Lagerung von Aggregaten und kann nur unter bestimmten Umständen Stellfunktionen erfüllen, weil der Raum, in dem die Flüssigkeit enthalten ist, in ausgedehnten Anteilen seiner Begrenzungsfläche von nachgiebigen Wänden begrenzt und durch eine Dämpfungsöffnung mit einem Ausgleichsraum verbunden ist. Über die Flüssigkeit können dadurch nur dann Kräfte von dem Stellglied auf das Arbeitsglied übertragen werden, wenn das Stellglied in eine so schnelle Hin- und Herbewegung versetzt wird, daß das in dem Raum und der Dämpfungsöffnung enthaltene Flüssigkeitsvolumen infolge seiner Trägheitsmasse den Hin- und Herbewegungen zumindest nicht mehr in synchroner Weise zu folgen vermag mit dem Ergebnis, daß die Flüssigkeit als in einem nach außen mehr oder weniger abgeschlossenen Raum konstanten Volumens betrachtet werden kann. Es besteht dann die Möglichkeit, über die Flüssigkeit Kräfte von dem Stellglied auf das Arbeitsglied zu übertragen, was zur aktiven Isolierung akustisch störender Schwingungen benutzt wird. Bei Einleitung von Schwingungen einer niedrigeren Frequenz ist solches nicht mehr möglich. Sie werden bei der vorbekannten Bauform durch Atmungsbewegungen der den Raum begrenzenden Gummiwände passiv isoliert bzw. zur Unterdrückung amplitudenüberhöhter Schwingungsauslässe beim Hindurchpressen von Flüssigkeitsbestandteilen durch die Dämpfungsöffnung hydraulisch gedämpft. Die Herstellung und Verwendung eines solchen Schwingungstilgers ist außerdem durch die Verwendung einer Flüssigkeit als Funktionselement besonders belastet, weil die Einbringung der Flüssigkeit in den Raum und dessen Abdichtung eines besonderen Aufwandes bedürfen und weil es die physikalischen Eigen-

schaften der zur Verfügung stehenden Flüssigkeiten zu meist erfordern, der elektrischen Isolierung der stromführenden Teile des Stellgliedes sowie der thermisch isolierten Anbringung des Schwingungstilgeres besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Schwingungstilger der eingangs genannten Art derart weiterzuentwickeln, daß dessen Nachteile zuverlässig vermieden werden, daß die Übertragung von Kräften nicht mehr an das Vorliegen von Hin- und Herbewegungen einer bestimmten Frequenz gekoppelt und darüber hinaus eine größere Gebrauchsdauer erzielbar ist.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist es vorgesehen, daß der Raum durch die Verformungseinheit vollständig ausgefüllt ist, daß das Stell- und das Arbeitsglied, die relativ zum Gehäuse bewegbar sind, gegenüber dem Gehäuse abgedichtet sind, daß der elastomere Werkstoff jeweils mit dem Gehäuse, dem Arbeitsglied und dem Stellglied einstückig verbunden ist und daß der elastomere Werkstoff sowohl das Arbeitsglied als auch das Stellglied umschließt.

Eine einfache, wirtschaftlich günstige Herstellbarkeit ist dadurch bedingt, daß der elastomere Werkstoff und das Gehäuse einstückig miteinander verbunden sind.

Der elastomere Werkstoff und das Arbeitsglied sind ebenfalls einstückig verbunden. Hierbei ist von Vorteil, daß das Gehäuse und das Arbeitsglied unter Zwischenschaltung des elastomeren Werkstoffs miteinander vulkanisiert sind und dadurch Querkräfte und Biegemomente, die auf das Arbeitsglied wirken, nicht gebrauchsdauerverringern oder funktionsbeeinträchtigend auf das Stellglied übertragen werden. Bei Verwendung von Stellgliedern aus sprödem Werkstoff, die auf Kantenpressung empfindlich reagieren, ist das von hervorzuhebendem Vorteil.

Außerdem ist es vorgesehen, daß der elastomere Werkstoff und das Stellglied einstückig miteinander verbunden sind. Das Stellglied wird über elektrische Anschlüsse angesteuert.

Durch die Verwendung einer Verformungseinheit aus einem elastomeren Werkstoff ist der erfindungsgemäße Schwingungstilger wesentlich einfacher und wirtschaftlicher herstellbar als die bisherigen Ausführungen, weil es nicht mehr erforderlich ist, eine Flüssigkeit in einem Hohlraum einzufüllen und den Hohlraum anschließend abzudichten. Darüber hinaus ergibt sich durch den Wegfall der Flüssigkeit in den meisten Fällen eine Vereinfachung der elektrischen Isolierung des Stellgliedes sowie eine Verwendungsmöglichkeit auch in der Nähe starker Wärmequellen, weil eine Änderung des Betriebsverhaltens als Folge der Verdampfung von in einem Raum eingeschlossenen Flüssigkeitsbestandteilen nicht mehr zu befürchten sind.

Das elektrisch betätigbare Stellglied kann durch ein Piezoelement gebildet sein, das so eingebaut ist, daß sich beim Anlegen einer Spannung eine Längenänderung in Richtung des Raumes ergibt, der das Verformungselement enthält. Über ein solches Piezoelement können aufgrund der hohen Leistungsdichte große Kräfte auf die Verformungseinheit übertragen werden.

Der Weg, der sich bei der elektrischen Aktivierung eines Piezoelementes ergibt, ist allerdings nur sehr gering.

Dieser Nachteil kann beispielsweise dadurch ausgeglichen werden, daß das Piezoelement schichtweise aufgebaut ist, so daß sich die vergleichsweise geringen Einzelwege in Verbindung miteinander zu einem der erforderlichen Größe des Gesamtweges ergänzen. Zur Erzie-

lung eines ausreichend großen Weges des Arbeitsgliedes ist es auch möglich, zwischen diesem und dem Piezoelement bedarfsweise ein beliebiges Übersetzungsverhältnis vorzusehen. Dazu kann die von dem Piezoelement berührte Fläche des Stellgliedes der Verformungseinheit größer sein als die entsprechende Fläche des Arbeitsgliedes. Das Flächenverhältnis überträgt sich bei einer Aktivierung des Stellgliedes durch das Piezoelement maßstäblich auf die Größe der Relativbewegung des Arbeitsgliedes, was es ermöglicht, die Bewegungsamplitude in Abhängigkeit von den jeweiligen Gegebenheiten des Anwendungsfalles auf optimale Werte festzulegen. Das Funktionsprinzip entspricht im wesentlichen den Gegebenheiten eines hydraulischen Kolbensystems. Im Bereich des allgemeinen Maschinenbaus hat es sich als vorteilhaft bewährt, wenn ein Flächen- und Hubverhältnis von mindestens etwa 1 : 10 zur Anwendung gelangt.

Nach einer anderen Ausgestaltung kann das Stellglied durch einen magnetostriktiven Steller gebildet sein. Auch in diesem Falle können große Stellkräfte erzielt werden. Eine Übersetzung kann, wie vorstehend beschrieben, ebenfalls zur Anwendung gelangen.

Außerdem können als Steller auch elektromagnetische oder elektrodynamische Systeme Anwendung finden.

Der erfindungsgemäße Schwingungstilger kann als wegeinstellendes und/oder kräfteregulierendes Bauteil eingesetzt werden. Durch einen modulhaften Aufbau lassen sich die Anwendungsmöglichkeiten gegebenenfalls in Kombination mit bereits vorhandenen passiven und/oder aktiven Federungs- und/oder Dämpfungssystemen ermöglichen. Insbesondere kann der erfindungsgemäße Schwingungstilger in Verbindung mit an sich bekannten Gummilagern zur Anwendung gelangen, wobei diese bedarfsweise auch eine hydraulische Dämpfungseinrichtung aufweisen können.

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung hat es sich als zweckmäßig erwiesen, wenn das Gehäuse die Funktion der Trägheitsmasse übernimmt und über das in gezielter Weise hin- und herbewegte Arbeitsglied mit in dem Teil verbunden wird, das die zu reduzierenden Schwingungen aufweist. Das Bewegungsverhalten eines solchen Schwingungstilgers kann während der bestimmungsgemäßen Verwendung derart verändert werden, daß eine Tilgerwirkung breitbandig in einem besonders großen Frequenzbereich genutzt werden kann oder beim Auftreten von Schwingungen einer beliebigen Frequenz. Dabei ist es von besonderem Vorteil, daß die Tilgerwirkung nicht nur in bereits eingeschwungenem Betriebszustand genutzt werden kann, sondern darüber hinaus auch in transienten Betriebszuständen, die durch eine zeitliche Veränderung charakterisiert sind.

Gummilager neigen bekanntlich dazu, hochfrequente Schwingungen, beispielsweise akustisch störende Schwingungen, weniger gut zu isolieren als tieffrequente Schwingungen. Ihre Isolierung von einem Gummilager ist daher ganz besonders vorteilhaft. Es ist in diesem Sinne möglich, das erfindungsgemäße Schwingungstilger mit einem Gummilager in einer Reihenschaltung anzuordnen und derart zu betreiben, daß Schwingungen einer bestimmten Frequenz und Amplitude das Gummilager nicht erreichen. Hierzu ist es erforderlich, das Schwingungstilger in eine, bezogen auf die aufzunehmenden Schwingungen, gegenphasige Relativbewegung zu versetzen. Die dazu erforderlichen Sensoren und Schaltungen sind bekannt. Die bisher zu diesem Zweck vorgeschlagenen, elektromagnetischen Antriebe

des Schwingungstilgers ermöglichen aber nicht die Übertragung der im allgemeinen Maschinenbau erforderlichen Kräfte und sind darüber hinaus für die Isolierung solcher Schwingungen wesentlich zu träge. Erst die erfindungsgemäße Ausführung schafft hier Abhilfe. Sie läßt sich in einem Frequenzbereich von 0 bis 5 kHz problemlos verwenden. Eine Parallelschaltung zu einem Gummilager ist ebenfalls möglich.

Der erfindungsgemäße Schwingungstilger wird nachfolgend anhand der beigefügten Zeichnungen weiter erläutert. Die Fig. 1, 2 und 3 zeigen die zu berücksichtigenden Einzelkomponenten teilweise in schematischer Darstellung.

In Fig. 1 ist ein aktiver Schwingungstilger mit einem elektrisch betätigbaren Stellglied und einem in gleicher Richtung bewegbaren Arbeitsglied gezeigt.

In Fig. 2 ist ein Ausführungsbeispiel eines aktiven Schwingungstilgers gezeigt, bei dem sich die Bewegungsrichtung des elektrisch betätigbaren Stellgliedes achsparallel erstreckt. Die Bewegungsrichtung der beiden zur Anwendung gelangenden Arbeitsglieder steht senkrecht auf der Bewegungsrichtung des Stellgliedes, wobei sich das Stell- und die Arbeitsglieder jeweils in Richtung des Raumes hin- und herbewegen.

In Fig. 3 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel eines aktiven Schwingungstilgers gezeigt, wobei ringförmige oder mehrere einzelne, gleichmäßig in Umfangsrichtung verteilte Stellglieder zur Anwendung gelangen.

In den Fig. 1, 2 und 3 ist jeweils ein Ausführungsbeispiel eines aktiven Schwingungstilgers gezeigt, wobei in einem Gehäuse 1, bevorzugt aus metallischem Werkstoff, eine im wesentlichen nicht komprimierbare Verformungseinheit 3 aus einem elastomeren Werkstoff 8 angeordnet ist und das Gehäuse 1 vollständig ausfüllt. Der elastomere Werkstoff 8 umschließt sowohl die Arbeitsglieder 7, 7.1, 7.2 als auch die elektrisch betätigbaren Stellglieder 5, die hier als Piezoelemente ausgebildet sind.

In Fig. 1 erfolgt bei Betätigung des Piezoelements eine Verlagerung des Stellgliedes 5 in gleicher Richtung, wobei das Arbeitsglied 7 eine achsparallele Bewegung ausführt. Die Größe der Auslenkbewegung des Arbeitsgliedes 7 ist abhängig von dem Verstellweg des Stellgliedes 5 und der zwischengeschalteten Übersetzung und kann dadurch den jeweiligen Gegebenheiten des Anwendungsfalles problemlos angepaßt werden.

Bei dem in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Bewegungsrichtung des elektrisch betätigbaren Stellgliedes 5 der Bewegungsrichtung der beiden Arbeitsglieder 7.1, 7.2 senkrecht zugeordnet. Die beiden Arbeitsglieder sind bei einer ineinander übergehenden Bewegungsachse einander gegenüberliegend angeordnet und gegensinnig bewegbar. Nach der Ankopplung der Arbeitsglieder an einander gegenüberliegende, körperliche Strukturen lassen sich hierdurch Kräfte und Schwingungen in die Strukturen einleiten, um unter Ausnutzung von Interferenzeffekten eine Auslöschung oder Minimierung vorhandenen Körperschalls zu erzielen. Ein vorliegendes Gesamtschwingungsverhalten einer solchen Struktur läßt sich hierdurch so verändern, daß zumindest an bestimmten Stellen der Struktur die Schwingungen ganz beseitigt oder minimiert sind. Beispielsweise in bezug auf die Unterdrückung der Einleitung von Körperschall in den Innenraum eines Fahrzeugs und damit die Verbesserung des Komforts in einem solchen ist das von großem Vorteil.

Der in Fig. 3 dargestellte Schwingungstilger weist im Gegensatz zu den Fig. 1 und 2 mehrere elektrisch betä-

tigbare Stellglieder 5 auf, die gleichmäßig in Umfangsrichtung um das Arbeitsglied 7 verteilt sind. Eine rotationssymmetrische Ausbildung nur eines Stellgliedes, das das Arbeitsglied ringförmig umschließt, ist ebenfalls möglich. Diese Bauform zeichnet sich durch eine besonders geringe Bauhöhe in axialer Richtung aus und gelangt durch ihren flachen Aufbau bevorzugt in Kombination mit Gummilagern, die gegebenenfalls eine hydraulische Dämpfungseinrichtung haben können, zur Anwendung.

Die in den Fig. 1, 2 und 3 dargestellten Ausführungsbeispiele können in verschiedenen Anwendungsbereichen Verwendung finden. So besteht beispielsweise auch die Möglichkeit, den in Fig. 3 gezeigten Schwingungstilger mit einem hydraulisch gedämpften Motor- oder Fahrwerkslager zu kombinieren und zwischen einer Verbrennungskraftmaschine bzw. dem Fahrwerk und der Karosserie eines Kraftfahrzeuges anzuordnen, um hochfrequente Schwingungen, die durch den Motor oder den Fahrbelag angeregt werden, aufzunehmen und zu isolieren.

Die dargestellten Schwingungstilger weisen einen einfachen Aufbau auf, wobei Querkräfte und Biegemomente, die auf das Arbeitsglied 7 wirken, vom Stellglied 5 ferngehalten werden. Dadurch ergeben sich gute Gebrauchseigenschaften während einer langen Gebrauchsdauer und eine vielseitige Verwendungsmöglichkeit.

#### Patentansprüche

1. Aktiver Schwingungstilger, umfassend einen von einem unnachgiebigen Gehäuse umschlossenen Raum, der eine im wesentlichen inkompressible Verformungseinheit umschließt, wobei der Raum an einer ersten Stelle durch zumindest ein elektrisch betätigbares Stellglied und an einer zweiten Stelle durch zumindest ein Arbeitsglied begrenzt ist, wobei das Stell- und das Arbeitsglied in Richtung des Raumes hin- und herbewegbar sind und wobei die Verformungseinheit aus einem elastomeren Werkstoff besteht, dadurch gekennzeichnet daß der Raum (2) durch den elastomeren Werkstoff (8) vollständig ausgefüllt ist, daß das Stell- (5) und das Arbeitsglied (7), die jeweils relativ zum Gehäuse (1) bewegbar sind, gegenüber dem Gehäuse (1) abgedichtet sind, daß der elastomere Werkstoff (8) jeweils mit dem Gehäuse (1), dem Arbeitsglied (7) und dem Stellglied (5) einstückig verbunden ist und daß der elastomere Werkstoff (8) sowohl das Arbeitsglied (7) als auch das Stellglied (5) umschließt.
2. Schwingungstilger nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Stellglied (5) durch ein Piezoelement bewegbar ist.
3. Schwingungstilger nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Stellglied (5) durch einen magnetostriktiven Steller gebildet ist.
4. Schwingungstilger nach Anspruch 1 bis 3, gekennzeichnet durch die Verwendung in Verbindung mit einem Gummilager.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Fig. 1

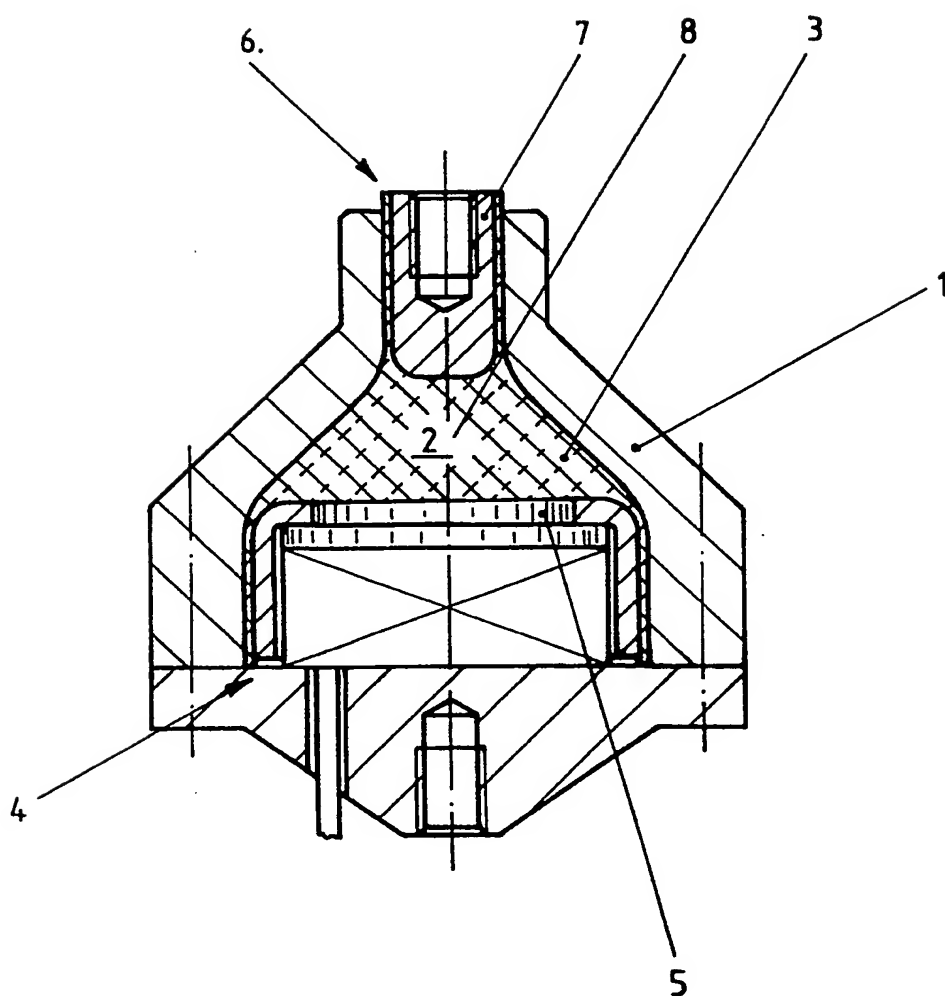


Fig. 2

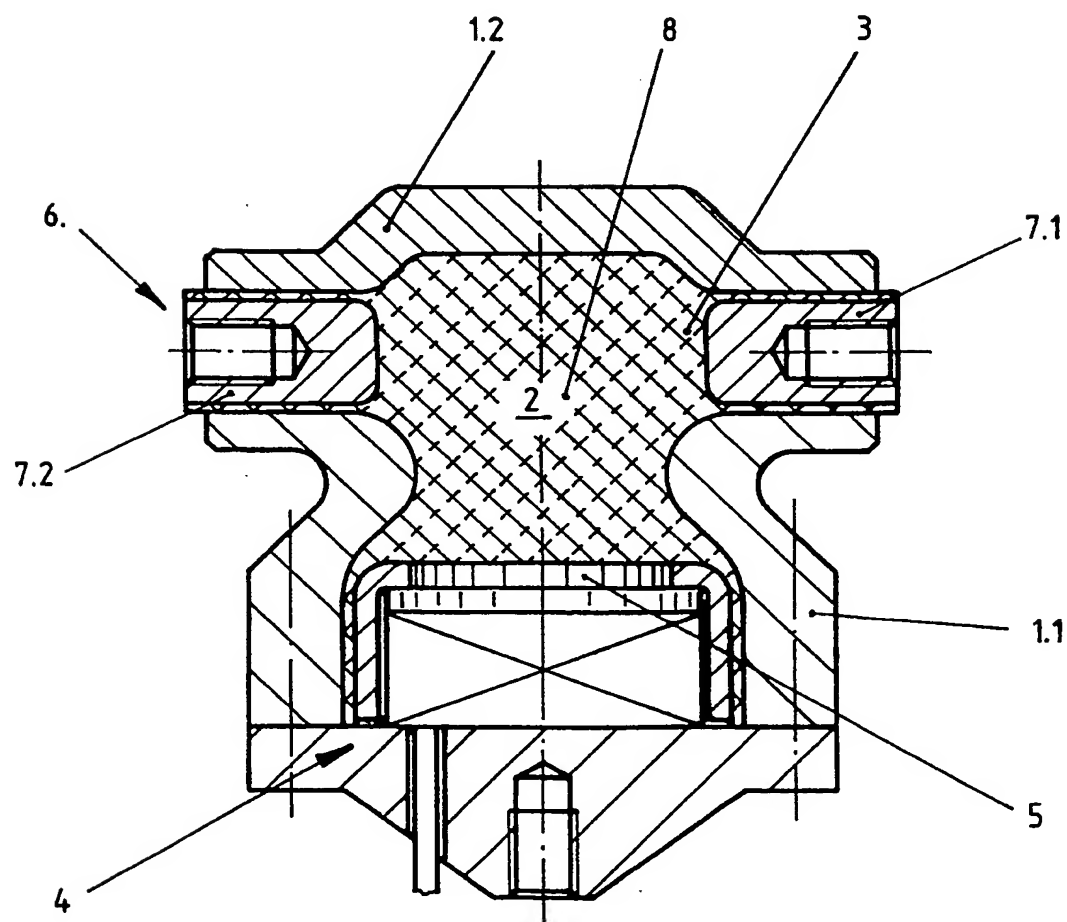


Fig. 3

